

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

**Primjena rekombinantne DNA tehnologije u proizvodnji hrane**  
**(-Recombinant DNA technology**  
**in food production-)**

**Seminarski rad**

**Vanina Pogačar**  
**Preddiplomski studij biologije**  
**(Undergraduate Study of Biology)**  
**Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Pavlica**

Zagreb, 2011.

## Sadržaj

1. Uvod .....	3
2. Povijest rekombinantne DNA tehnologije .....	3
3. Metode .....	5
4. Ekonomski i gospodarski značaj .....	7
4.1. Genetički modificirani mikroorganizmi .....	7
4.2. Genetički modificirane biljke .....	8
4.3. Genetički modificirane životinje .....	9
5. Potencijalni utjecaj na okoliš i zdravlje .....	10
6. Etičko pitanje .....	12
7. Sažetak .....	12
8. Summary .....	13
9. Literatura .....	14

## 1. Uvod

Kroz povijest ljudi su oduvijek težili poboljšanju kvalitete hranidbenih namirnica. Križanjima i umjetnom selekcijom pokušavalo se do i do namirnica s visokim prinosom, ukusnih i otpornih na razne bolesti. Tako je primjerice ruski biolog Ivan Vladimirovič Miurin cijeli život posvetio istraživanju stvarivši više od 300 hibrida biljaka uključujući i hibride južnog voća koje je moglo rasti u hladnim sjevernim krajevima Sovjetskog saveza. (Stoletov, 1950). To je bilo krajem 19. stoljeća. U današnje vrijeme, znanstvenim dostignućima u genetici i upotrebom rekombinantne DNA tehnologije ovakva istraživanja su uvelike olakšana. Rekombinantna DNA tehnologija podrazumijeva metode kojima se geni prenose iz jednog organizma u drugi. Rezultat tog postupka jest da gen koji stvara protein u organizmu jedne vrste, to sada ima u organizmu druge vrste. Za opisivanje takvih postupaka često se rabe izrazi poput „genetičko inženjerstvo“ „genetička manipulacija“, „biotehnologija“ ili „genetička modifikacija“. Genetičko inženjerstvo obuhvaća tehnike mapiranja, sekvencioniranja i transfera gena, konstruiranje rekombinantnih DNA molekula, kao i tehnike njihove transformacije u biljke i životinje. To je omogućilo proizvodnju transgenih organizama, odnosno tzv. genetički modificiranih organizama (GMO-a ili GM). Proizvodnja GMO-žitarica, otpornih na štetočine, virusne i druge uzročne oboljenja, tolerantne na herbicide je najrasprostranjenija praktična primjena biotehnologije u svrhu proizvodnje hrane za ljude i životinje.

## 2. Povijest rekombinantne DNA tehnologije

Brojna znanstvena otkrića i spoznaje na području molekularne biologije, koja se odnose na nasljeđivanje u živih bića, a bila su poznata do 1970. godine, omogućila su da se po ne razmišljati o mogućnosti spajanja dviju molekula DNA dobivenih iz različitih organizama, odnosno spojiti ih u epruveti te unijeti u određeni organizam da inače gdje bi ta hibridna molekula DNA izrazila svoje svojstvo. (Delić, 2004). Jedno od temeljnih spoznaja

bilo je razjašnjenje strukture DNA i njezine uloge u nasljeđivanju. Posebnim metodama James Watson i Francis Crick 1953. godine napravili su model strukture DNA. Kako je molekula DNA organizirana prema rasporedu kodirajuće i nekodirajuće regije pokazali su F. Jacob, A. Lwoff i J. Monod, koji su 1965. godine za svoje otkriće dobili Nobelovu nagradu. (Delić, 2004).

Proučavanje uloge molekule DNA u nasljeđivanju metodama klasične genetike nije uvijek bilo jednostavno i lako. Osnovni problem bio je uveličati molekule DNA kao sastavnog dijela kromosoma, pa je bilo teško proučavati na molekularnoj razini. Stoga se postavilo pitanje kako i na koji način dobiti manje dijelove ili fragmente DNA koji bi poslužili za proučavanje, a da se pri tome ne izgubi njezina funkcija.

Prva rekombinantna DNA molekula nastala je 1972. kada je Paul Berg koristio i enzime koji sijeku DNA ubacio novi odsjek DNA u već postojeći lanac. 1973. su Stanley Cohen i Herbert Boyer uspješno ubacili DNA iz jedne vrste u genom druge vrste što je bio prvi uspješan pokušaj genetičkog inženjerstva. (Delić, 2004). Zbog njihovih istraživanja na otkriću u rekombinantne DNA, općenito poznatog kao kloniranje gena, često ih se naziva "očevima biotehnologije". Iz njihovog je otkrića proizašla mogućnost za razvoj različitih metoda liječenja raznog niza bolesti i poremećaja, poput stvaranja ljudskog inzulina, otkrivanja spoja za otapanje krvnih ugrušaka kod osoba koje su pretrpjele srčani ili moždani udar, stvaranja ljudskog hormona rasta, te interferona za oboljele od raka.

Na konferenciji u Asilomaru 1975. znanstvenici su zatražili privremeni prekid pokusa s rekombinantnom DNA dok se ne riješe pitanja sigurnosti i analiziraju moguće posljedice. Nakon toga je ustanovljen Komitet za rekombinantnu DNA kojem je zadaća ispitivanje dopustivosti svakog pokusa koji uključuje rekombinantnu DNA. Iste godine Edward Southern je osmislio Southern blot, često korištenu metodu u izoliranju i analizi fragmenata DNA. (Delić, 2004)

Boyer i Robert Swanson 1976. godine utemeljili su prvu biotehnološku tvrtku, Genentech, koja i danas posluje. Dvije godine poslije riješen je još jedan važan biološki fenomen nazvan restrikcijsko-modifikacijski sustav koji je pronađen u bakteriji *Escherichia coli*, a kasnije je otkriven i u brojnim drugim mikroorganizmima. Proučavanje tog sustava dovelo je do otkrića posebnih enzima nazvanih restrikcijskim endonukleazama, a koji su imali ključnu ulogu u tehnologiji rekombinantne DNA. Pojavu restrikcije i modifikacije otkrio je švicarski znanstvenik Werner Arber, koji je za to otkriće podijelio Nobelovu nagradu za medicinu i fiziologiju 1978. godine s Amerikancima D. Nathansom i H. Smithom. (Delić, 2004).

1981. je na Sveučilištu Ohio rođena prva transgeni životinja, to nije miš koji je genom sadržavao ubačenu stranu DNA. 1983. Kary Mullis je osmislio metodu lančane reakcije polimerazom ili PCR ("polymerase chain reaction"), kojom se u kratkom vremenu moglo eksponencijalno umnožiti određeni odsjek DNA a 1984. Alex Jeffreys uvodi DNA identifikaciju. (Delić, 2004).

Tijekom 80-tih godina došlo je do mnogobrojnih otkrića gena odgovornih za određena svojstva. 1990. započeo je Projekt ljudskog genoma, poduhvat golemih razmjera kojem je svrha mapiranje svih 3 milijarde parova baza koje tvore ljudski genom. 2000. godine dovršeno je mapiranje ljudskog genoma. (Delić, 2004)

### 3. Metode

Molekularno kloniranje je proces insercije željenog gena u vektor sposoban za samostalno repliciranje u stanici domaćinu. Replikacijom stanice i vektora nastaju multiple kopije željenog gena za razne svrhe. Prvo što nam je potrebno je stanična DNA koja sadrži gen od interesa koju možemo izolirati iz DNA knjižnice, kolekcije živih bakterijskih kolonija transfeciranih s pojedinim segmentima DNA. Također su nam potrebne odgovarajuće restrikcijske endonukleaze.

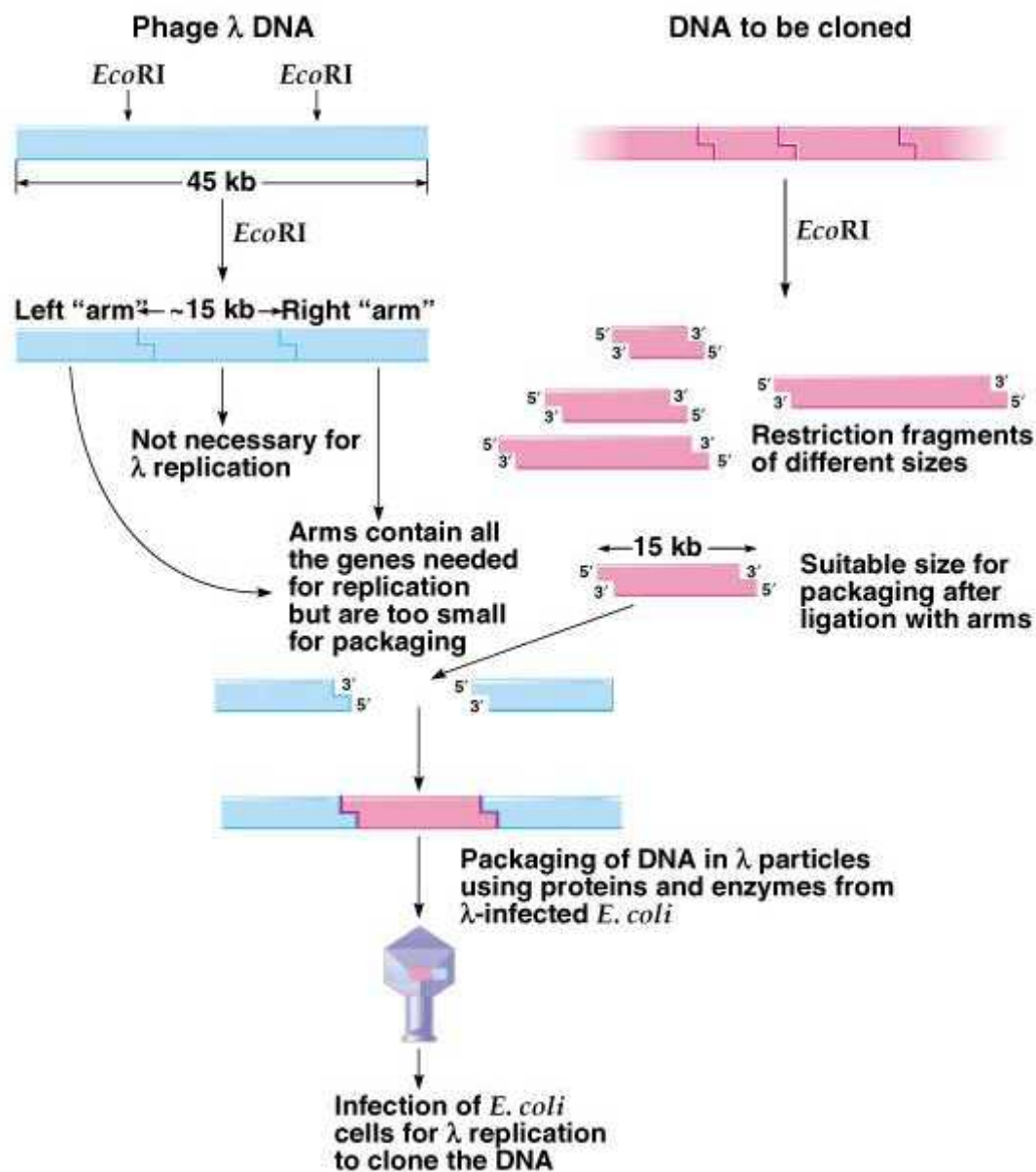
Restrikcijske endonukleaze (RE) su enzimi koji se nalaze u bakterijama gdje služe za uništavanje strane DNA koja ulazi u stanicu. Važno svojstvo RE je da uvijek cijepa molekulu DNA na točno određenom restrikcijskom mjestu, najčešće su to palindromski slijedovi baza što znači da se jednako čitaju sprijeda kao i straga npr. GTCA – ACTG. Kako ne bi došlo do cijepanja vlastitog genoma bakterije produciraju modifikacijski enzim koji malo mijenja, pomoću metilacije, restrikcijsko područje baza. Danas postoji više od 400 različitih izoliranih restrikcijskih endonukleaza a prva je bila EcoRI izolirana iz *Escherichia coli* RY13 (Olempska-Beer i sur, 2006).

Uvođenje strane DNA u stanicu domaćina može se učiniti procesom transformacije- unosom gole DNA u bakterijsku stanicu, transfekcijom- unosom DNA u eukariotske stanice te procesom mikroinjektiranja kojim se DNA u eukariotske stanice unosi pomoću mikropipeta. Sam proces uvođenja stranog gena u neki organizam vrši se pomoću vektora, molekule DNA koja se replicira neovisno o replicaciji jezgre. Nakon što se izreže željeni dio DNA istom RE

izreže se i vektor te zalijepi pomoću enzima ligaze koji spaja odgovarajuće lijepljive krajeve. Ovakav rekombinantni vektor može se u stanicu domaćina gdje se replikacijom dobiva velika količina traženog gena/ proteina.

Za kloniranje fragmenata do 10 kb koristimo plazmide kao vektore (Olemlska-Beer i sur, 2006). Važne karakteristike plazmida su: porijeklo (ori) nužno za vlastitu replikaciju, selektivna osobina poput rezistencije na antibiotike koja bi razlikovala bakterije s plazmidom od onih bez, jedinstveno restrikcijsko mjesto kako bi RE prerezala vektor samo na jednom mjestu, te jednostavan marker za detekciju plazmida s umetnutom DNA. Ostale poželjne karakteristike: mala veličina genoma, poznata sekvenca DNA, velik broj jedinstvenih restrikcijskih mjesta, brzo umnožavanje itd.

Veći fragmenti DNA, do 20 kb, kloniraju se pomoću bakterijskih virusa- bakteriofaga (Olemlska-Beer i sur, 2006). Bakteriofag ima linearnu dvostruku zavojnicu DNA poznate sekvence s oko 50 kb te kohezivnim krajevima (cos regije). Središnja regija genoma bakteriofaga zamjenjuje se željenom DNA jer nije potrebna pri infekciji stanice domaćina. Virus se zatim unosi u bakteriju *E. coli* gdje se replicira zajedno sa umetnutim fragmentom (Olemlska- Beer i sur, 2006). Shemu kloniranja pomoću bakteriofaga možemo vidjeti na slici 1.



Slika 1- Kloniranje bakteriofaga  
(preuzeto s nastavnog materijala kolegija Osnove genetiki kog inženjerstva)

Kozmidi imaju karakteristike i plazmida i bakteriofaga. Sadrže 2 cos mjesta sa slijedom od 14 pb potrebnih za pakiranje DNA u glavu bakteriofaga, oni nemaju genom bakteriofaga pa se pri ulazu u stanicu ponašaju kao plazmidi a njima kloniramo fragmente DNA do 50 kb. (Olemska- Beer i sur, 2006)

S obzirom da je testni organizam naj eš e bakterija koja nema elemente potrebne za posttranskripcijsku i postranslacijsku obradu kloniranje se vrši uz pomo tzv „shuttle“ vektora koji su pogodni za razmnožavanje u prokariotskim i eukariotskim stanicama. Repliciraju se samostalno ili se ugra uju u genom domaćina pa se repliciraju zajedno s njime. esto se koriste za transport gena iz jedne vrste u drugu. Primjerice pokus sa insercijom gena za

luciferazu iz krijesnice u plazmid i transformacija *Agrobacterium* kojim je zaražena biljka duhana a rezultat možemo vidjeti na slici 2.



**Slika 2- Biljka duhana zaražena geneti ki modificiranom bakterijom *Agrobacterium tumefaciens* sa svojim genom za luciferazu**  
(slika preuzeta s [news.nationalgeographic.com](http://news.nationalgeographic.com))

Za ve e dijelova DNA koristimo umjetne kromosome. YAC (Yeast Artificial Chromosome) je vektor koji omogu a stvaranje umjetnih kromosoma i njihovu inserciju u kvasac, eukariotski organizam. BAC omogu a kloniranje unutar *E.coli*, koristan je za velike segmente DNA, esto se koristi u programima sekvencioniranja genoma (Olemska-Beer i sur, 2006).

## **4. Ekonomski i gospodarski zna aj**

### **4.1. Geneti ki modificirani mikroorganizmi**

Ve se duže vrijeme u biotehnologiji koriste razli iti mikroorganizmi. Takvi geneti ki modificirani mikroorganizmi (GMM) imaju široku primjenu u podru ju medicine, genetike, farmacije dok najve u pažnju javnosti svakako plijeni njihova primjena u proizvodnji hrane. Mikroorganizmi su podobni zbog mogu nosti da u kratkom periodu proizvedu znatne koli ine proteina, jednostavne i uspješne manipulacije, dobrog poznavanja genetike i fiziologije te lakog uzgajanja i jednostavnog održavanja. Me u prokariotima *Escherichia coli* je naj eš i



modelni organizam. Najznačajniji nedostatak bakterija je nemogućnost posttranslacijskih modifikacija te zbog toga ne mogu sintetizirati kompleksne proteine. Za proizvodnju kompleksnijih proteina često se koriste jednostanični eukarioti poput *Saccharomyces cerevisiae*. Upotreba GMM-a u proizvodnji hrane te stojeće hrane uključuje proizvodnju finalnih proizvoda i sastojaka koji sadrže bilo žive ili inaktivirane GMM-e. Također koriste se i purificirani derivati od GMM-a kao što su aditivi, enzimi, polisaharidi i sl.

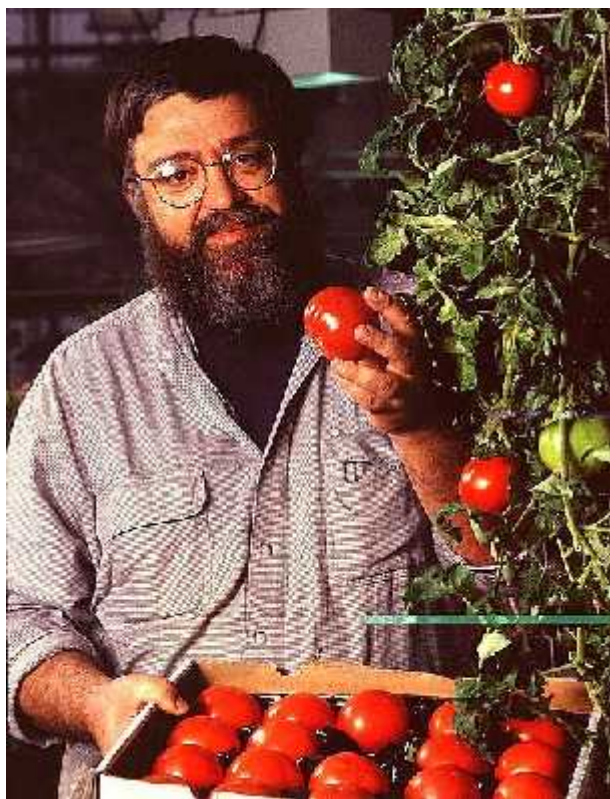
#### 4.2. Genetički modificirane biljke

Prvi uspješni prijenos jednog gena u biljnom svijetu ostvaren je 1981. (McGloughlin, 2010). Od tada nova otkrića slijedila su brže nego što se moglo očekivati, a nekoliko desetaka biljnih vrsta genski je modificirano. Primjena genetički modificiranih biljaka rezultirala je povećanjem prinosa bez uvećanja obradivih površina te globalnim povećanjem proizvodnje hrane. Svake godine genetički modificirani pamuk, soja i kukuruz uzgajaju se na preko 100 miliona hektara širom svijeta (McGloughlin, 2010). Pored toga, biotehnologija je omogućila proizvodnju mnogih tzv. nutritivno poboljšanih namirnica biljnog porijekla. Sojino ulje s visokim sadržajem oleinske kiseline, kukuruz s povećanim sadržajem proteina, triptofana i lizina (eng. Quality Protein Maize), rajčica s povećanim udjelom likopena te riža obogaćena  $\beta$ -karotenom tzv. „zlatna riža“ (eng. Golden Rice) samo su neke od njih (McGloughlin, 2010). Intenzivno se radi i na proizvodnji drugih biljnih vrsta s poboljšanim sadržajem makro i mikro nutrijenata poput proteina, esencijalnih aminokiselina, minerala, vitamina, zaštitnih sastojaka i sl. Također biljke se modificiraju kako bi se eliminirali prirodno prisutni toksini, alergeni te anti-nutrijenti.

Vrlo važno svojstvo postignuto genetičkom modifikacijom je tolerancija na herbicide glifosat i glufosinat. U zaštiti od korova koriste se navedeni herbicidi širokog spektra, gdje širina spektra povećava i djelovanje na uzgojnu biljku, te su manje toksični od nekih specifičnih. To je toksikološki i ekološki povoljnije zbog toga što manje herbicida odlazi u okoliš i ostaje u namirnici. Također uspješno je preneseno i svojstvo otpornosti na štetočine. Primjer je kukuruz s genom *Bacillus thuringiensis*, bakterije iz tla, koja se već četrdeset godina koristi za uništavanje larvi komaraca i drugih insekta (McGloughlin, 2010). Takav kukuruz sam stvara tzv. Bt-toksin kojim postaje otporan na štetočine poput kukuruznog moljca ili kukuruzne zlatice i bez dodatnih insekticidnih tretmana.

Još jedan spominjan primjer je „Flavr Savr“ rajčica (slika 3). Poznato je da mekšanje ploda rajčice nakon zriobe kontrolira jedan gen. Enzimi koji se stvaraju pod utjecajem tog

gena uvjetuju mekšanje ploda ime rajica postaje nepodobna za duži transport i skladištenje. Američka tvrtka Calgene uspjela je blokirati gen za enzim poligalakturonazu koji razgrađuje pektin u stijenci stanice i tako omekšava plod. Time su stvorili novu, genetički modificiranu rajicu dužeg trajanja koja je zadržala sve ostale karakteristike, tzv. „Flavr Savr“ rajicu. (Batista, 2009)



**Slika 3- Istraživač genetički modificiranom „Flavr Savr“ rajicom**

(slika preuzeta s [www.nationalgeographic.com](http://www.nationalgeographic.com))

Nadalje, u eksperimentalnoj fazi su usjevne biljke s genskim modifikacijama koji ih čine otpornijima na nepovoljne klimatske i druge uzgojne uvjete - vrućinu, smrzavanje, sušu i smanjeni sadržaj dušika u tlu. Pod pretpostavkom da dođe do njihove komercijalizacije, ove slijedeće generacije genetički modificiranih biljaka izazvati će revoluciju u poljoprivrednoj proizvodnji.

#### **4.3. Genetički modificirane životinje**

Geneti ka modifikacija životinja predstavlja granu biotehnologije koja danas svakako doživljava najbrži napredak i opsežna istraživanja, s ciljem brojnih zanimljivih i obećavajućih aplikacija. Losos je prva genetički manipulirana životinja namijenjena ljudskoj prehrani. U njega su ugrađeni geni drugih riba, bakterija i virusa. Izgleda poput normalne ribe, ali raste šest puta brže i pojede tri puta više hrane (slika 4). No, ne stvara dodatne troškove. Dapače, njegov je uzgoj 25% jeftiniji od tradicionalnog. Genetički modificirani losos je za proizvođača zanimljiviji od prirodnog zato što se ne može razboljeti makar u kako prljavoj vodi živio a u šest puta kraćem vremenu je spreman za tržište (Anderson, 2005).

Svrha mnogih pokusa s transgenim životinjama je ubrzanje rasta, povećanje težine i smanjenje masnoće. Jedan pokus sa svinjom 1989. godine nije dobro završio. U genom svinje je ugrađen gen za proizvodnju ljudskog hormona rasta hGH („human growth hormone“). Cilj je bio bio povećati mišićnu masu životinje a smanjiti masno tkivo. Svinja nazvana „Superpig“ doista je više narasla, no javili su se brojni zdravstveni problemi pa su životinje morale biti eutanizirane. Nakon toga znanstvena je zajednica obratila više pažnje na pokuse s hGH-om (Rollin, 1996).

Tehnike koje su isprva dizajnirane za proizvodnju proteina koji se koriste u farmaceutске svrhe mogu imati i druge primjene: može se povećati nutritivna vrijednost mlijeka, moguće je sinteza antibakterijskih proteina poput laktoferina i lizozima u mlijeku preživaca koji bi tada pružali zaštitu od infekcija – samom mlijeku, mliječnoj žlijezdi pa i konzumentima. Također je moguće proizvesti mlijeko sa manjom količinom laktoze za ljude osjetljive na laktozu (Anderson, 2005).

Genetički modificirane životinje mogu biti korištene u različite svrhe. S druge strane, ovaj vid praktične aplikacije genetički modificiranih organizama izaziva svakako i najžešće u polemiku s aspekta sigurnosti hrane i zaštite zdravlja potrošača.



**Slika 4- Primjer genetički modificiranog lososa u odnosu na prirodnog (slika preuzeta s [www.inhabitat.com](http://www.inhabitat.com))**

## 5. Potencijalni utjecaj na okoliš i zdravlje

GMO hrana dostupna je potrošačima u zadnjih desetak godina. Širom svijeta, a naročito u Americi ljudi je konzumiraju bez vidljivih utjecaja na zdravlje, što je evidentirano kroz brojne recenzirane znanstvene radove i dokumente i izvještaje regulatornih tijela i agencija. No, o teoretski mogućim dugotrajnim utjecajima za sada ne možemo govoriti. Neke od zabrinutosti koje se vežu uz komercijalnu uporabu i konzumaciju GMO-a su slijedeće:

- Alergenost novog gena ili produkta njegove ekspresije – proteina. Naime prijenosom svojstava (gena) iz alergogenih biljaka u nealergogene može doći i do prijenosa alergenosti (proteina/alergena). Zabilježena je već i pojava da se prijenosom svojstava iz nealergogene biljke u drugu biljku, pojavila alergenost ili se pojavio alergen potencijal druge biljke (slučaj soje s genom brazilskog orašara). No istom tehnologijom potencijalno se može i smanjiti alergenost. Stoga se alergenost GMO-a ispituje homologijom i *in vitro* i *in vivo* testovima.

- Toksičnost ili kancerogenost produkta ekspresije novog gena – zbog nepreciznosti tehnologije «izrezivanja» gena kao i zbog novonastalog biokemijskog sastava stanica domaćina s novim genom, ne možemo biti sasvim sigurni koji će biti rezultati izmjene genskog materijala, koji mogu eventualno biti i produkcija toksičnih tvari.

- Prisutnost gena rezistencije na antibiotik koji se koristi kao marker u prijenosu gena u genomu domaćina (odnosno GMO-a). U tehnologiji genetičkog inženjerstva se za označavanje mjesta djelovanja restrikcijskih enzima kao i za obilježavanje i selekciju stanica u kojima je došlo do prijenosa transgena koriste geni markeri koji su zapravo geni koji u nekih bakterija kodiraju rezistenciju na antibiotike. Stoga se smatra da bi horizontalnim prijenosom gena, koji je među bakterijama prirodna (doduše rijetka) pojava, moglo doći do prijenosa gena na druge bakterije ili na bakterije iz gastrointestinalne flore uvijek što bi dovelo do širenja rezistencije na antibiotike.

- Prisutnost gena virusnih promotora koji se koristi za aktivaciju transgena u genomu domaćina. Kao aktivator transgena se koristi gen iz mozaik virusa cvjetače (CaMV 35S) koji bi se mogao rekombinirati s drugim virusima i prouzročiti nove nepredvidive mutacije, no utjecaj te pojave na zdravlje je upitan s obzirom na činjenicu da ljudi dnevno konzumiraju biljne viruse bez ikakvih interakcija.

- Mogućnost interakcije između transgene DNA i ljudske ili životinjske stanične DNA. Fragmenti DNA koji su se resorbirali iz gastrointestinalnog trakta štakora, pronađeni su vezani

kovalentnim vezama za njegovu DNA stanice jetre, prema tome, iako je upitna aktivacija ovih vezanih gena, ne treba zanemariti i mogućnost interakcije fragmenata transgena s staničnom DNA konzumenta.

No, pitanje posljedica uporabe genetičkog inženjerstva znatno je šire, pa se postavlja i pitanje utjecaja oslobađanja GMO-a na okoliš, bioraznolikost i stabilnost ekosustava. Uvođenjem novih organizama u okoliš, uvijek još jednom zadire u prirodne procese koji su se uspostavljali milijunima godina, a zadiranje u arhaične prehrambene lance izaziva poremećaje odnosa u ekosustavu i ugrožava postojanje vrsta i samog ekosustava. Nadalje, «bježenjem» gena s novih usjeva i njihovim križanjem s divljim srodnim vrstama, može doći i do širenja svojstava namijenjenih uzgojnim biljkama na divlje biljke i korov. Neke od zabrinutosti vezanih uz potencijalni utjecaj GMO-a na okoliš su :

- Rezistencija štetočina – iako je rezistencija na BT toksin apliciran špricanjem zabilježena pojava, rezistencije na BT modificirane biljke za sada nema, no njezina je pojava vjerojatna. Ona se za sada nastoji izbjeći miješanjem s konvencionalnim biljkama čime se potencijalno recesivno rezistentne štetočine miješaju s osjetljivima pa se sprječava nastanak monozigotnog rezistentnog potomstva.

- Učinak na ne ciljane vrste – uzgojne biljke direktno ili indirektno podržavaju ne samo parazite i štetočine nego i čitav niz drugih artropoda i organizama (ptice su npr. ovisne o kukcima). Najpoznatiji slučaj utjecaja GMO-a na ne ciljane vrste otkrili su istraživači sa Sveučilišta Cornell (SAD) kada su primijetili ugibanje gusjenica leptira velikog monarha koje su pojele listove oprašene s peludi genetički modificiranog kukuruza.

- Efekt na prirodni okoliš u smislu modifikacije prirodnih prehrambenih lanaca. Uvođenjem novih vrsta i smanjenjem i eliminacijom postojećih o kojima ovise nadređeni dijelovi prehrambenih lanaca, uvijek zadire u prirodne arhaične odnose, što mu se do sada u povijesti uvijek vraćalo u lice novim zdravstvenim i ekološkim rizicima.

- Bijeg transgena – sjeme, polen – bijeg transgena s ciljne vrste na korov putem polena je jedna od već zabilježenih pojava, koja se smatra naročito nepovoljnom za bioraznolikost, a širenje transgena rezistencije na herbicide na srodne vrste korova dovodi do stvaranja superkorova otpornih na taj herbicid (Capek, 2004).

## **6. Etičko pitanje**

Prije nekoliko godina u javnosti se podigla velika prašina o pitanju uvođenja genetički modificiranih organizama na slobodno tržište. Mnogi ljudi iz etičkih, vjerskih ili zdravstvenih razloga ne žele ili ne smiju jesti određene sastojke biljne ili životinjske vrste koje danas nalazimo u konanim genetički modificiranim proizvodima. Europska Unija zahtjeva deklariranje proizvoda koji sadrže genetički modificirane sastojke ako je ta količina veća od 0,9% (Alagić, 2005). SAD, gdje deklariranja još uvijek nema, smatraju takvu odluku diskriminirajućom, jer se ljudi navodno zbog vlastitih predrasuda izbjegavati proizvode koji su deklarirani. Židovi i Muslimani, koji svinjetinu ne jedu iz religijskih razloga, ne bi mogli znati sadrži li njihova hrana gen svinje. Vegetarijanci ne bi mogli znati sadrži li povrće koje jedu životinjske gene.

S obzirom da stvaranje transgenih životinja može biti skup i dugotrajan proces tvrtke su odlučile zaštititi svoja ulaganja te se javilo pitanje mogućnosti patentiranja novostvorenih životinja. Kada su znanstvenici na sveučilištu Harvard stvorili tzv. „Oncomouse“, miša s usanim ljuskim genima koje uzrokuju rak, pokušali su staviti patent na njega. Sve važne udruge za zaštitu životinja su se digle na noge i jednoglasno protestirale. Patent je na kraju ipak odobren, u SAD-u 1988., u Kanadi 2003. te u Europi 2004. a Oncomouse je postao prva patentirana životinja u povijesti (Anderson i sur., 2005). Iako danas imamo tehnološku mogućnost, prije svakog stvaranja nove transgene životinje moramo se pobrinuti da je ono doista opravdano, korisno i potrebno u ovom društvu uz što manju patnju same životinje.

## **7. Sažetak**

Rekombinantna DNA tehnologija oblikovanje je novih kombinacija nasljednog materijala koje se dobivaju ugradnjom molekula nukleinskih kiselina dobivenih izvan stanice putem virusa, plazmida ili bilo kojeg drugog oblika prenositelja. Time se omogućava njihova ugradnja u organizam domaćina u kojem one prirodno ne postoje ali u kojem su sposobne za umnožavanje. Naime, tradicionalnim biotehničkim metodama (selekcija, križanje itd.) već se stoljeće ima nastojalo unaprijediti svojstva biljaka i životinja koje se koriste za proizvodnju hrane, ili poboljšati i prilagoditi prehrambene proizvode (mikroorganizmi, kvasci, fermentacija itd.). Isto se nastoji i genetičkim inženjerstvom, međutim, njime se kreiraju, poboljšavaju ili modificiraju biljke, životinje i mikroorganizmi izmjenom genskog materijala

bez barijera vrste, odnosno me u nesrodnim vrstama, što je bitna razlika u odnosu na tradicionalne biotehnološke metode.

## **8. Summary**

Recombinant DNA technology is forming the new combination of hereditary material that comes with fitting nucleic acid molecules obtained outside the cells via viruses, plasmids, or any other form of transmitter. This allows their incorporation into the host organism in which they naturally do not exist but where they are capable of reproduction. Specifically, traditional biotechnology methods (selection, crossing etc.) are already for centuries seeking to improve the properties of plants and animals used for food production, or enhance and customize nutritional products (microorganisms, yeasts, fermentation, etc.). The same is attempted with genetic engineering, however, it does create, improve or modify plants, animals and microorganisms without changing the genetic material of a barrier type, or between unrelated species, which is a big difference compared to the traditional biotechnology methods.

## **9. Literatura**

Alagi , Smajlovi , Jaklovica (2005). Genetski modificirani organizmi (GMO) u prehrani ljudi, časopis Meso 48.- 53. Str

Batista Rita, Marija Margarida Oliviera (2009). Facts and fiction of genetically ingeneered food

Capek, Krunoslav (2004). GMO i zdravlje, časopis Medix 23.- 26. Str

Deli Vladimir (2004.). Trideset godina geneti kog inženjerstva: kako je došlo do otkri a

Josh J. Anderson i Christopher R. Dowdy (2005). Transgenic animals

Kaluđerović Željko (2008). Prvih dvanaest godina - stanje i perspektive

McGlughlin Newell Martina (2010). Modifying agricultural crops for improved nutrition

Olempska-Beer Zofia i sur (2006). Food- processing enzymes from recombinant microorganisms

Reiss Michael J. i Straughan Roger (2004.). Poboljšati prirodu? Znanost i etika genetičkog inženjerstva

Rollin BE (1996). Bad Ethics, Good Ethics and the Genetic Engineering of Animals in Agriculture. *Journal of Animal Science* **74**: str. 535-541.

Stoletov, V. N. (1950). Michurin and present times.